時の観念とエントロピーならびにプロバビリティ

寺田寅彦

時の観念に関しては、哲学者の側でいろいろ昔からむつかしい議論があったようである。自分はそれらの諸説について詳しく調べてみる機会を得ないが、簡単な言葉でしかもそれ自身すでに時の概念を含んでいないような言葉で「時」に定義を下そうというような企てはたいてい失敗に帰しているようである。「一様に流れる量」であるとか、「逸しつつある広がり」だとかいうのはもちろん時の定義でもなければ説明とも思われぬ。Si non rogas intelligo というほうが至当のようである。時の前後の観念はとにかく直感的なものであって、なんらかの自然現象に関して方則を仮定する

事なしに定義を下しうべき性質のものではないと思われる。

吾人が外界の事象を理解し系統化するための道具として、いわゆる認識の形式の一つとして「時」を見なす事には多くの科学者も異論はないであろうが、それだけでは「時」の観念の内容については何事も説明されない。近ごろベルグソンが出て来て、カントや科学者の考えた「時」というものは「空間化された時」であって「純な時」というものがほかにあると考え、彼のいわゆる形而上学の重要な出発点の一つとしているようである。それらの議論はむつかしすぎて自分には

のみ込めないが、とにかくわれわれが力学や物理学で普通に用いる時の概念は空間の概念を拡張したものだという事は疑いもない事である。力学はつまり幾何学の拡張である。空間座標のほかに時を入れれば運動学が成立し、これに質量を入れて経験の結果を導入すれば力学ができる。これらの数学的の式における時間ｔが空間ｘｙｚとほとんど同様に取り扱われうる事はミンコフスキーの四元空間 Welt の構成されるのを見てもわかる事である。

このように時を空間化して取り扱ったために得られる便利は多大なものであるが、しかし人間の直感する

「時」の全部はtの符号に含まれていない。
ニュートンの考えたような、現象に無関係な「絶対的の時」はマッハによって批評されたのみならず、晩近（ばんきん）相対性原理の研究と共にさらに多くの変更を余儀なくされた。この原理の発展以来「時」の観念はよほど進化して来たが、それはやはり幾何学の「時」の範囲内での進歩である。

吾人の直感する「時」の観念に随伴して来る重大な要素は「不可逆」ということである。この要点は時を空間化するために往々閑却されるものである。空間の前後は観者の位置をかえれば逆になるが時間は一方に

のみ向かって流れている。抽象的な数学から現実の自然界に移ってその現象を記載しようとする時には空間化された時だけでは用の弁じない場合が起こる。それはいわゆる不可逆現象の存在するため、熱力学第二方則の成立しているためである。

この方則の設立、エントロピーの概念の導入という事が物理学の発達史上でいかに重大なものであったかという事は種々の方面から論ずる事ができようが、ここで述べたいと思うのは、空間化された「時」だけでは取り扱う事のできぬ現象を記載するために最も便利な「時」の代用物を見いだした事である。

もしかりに宇宙間にただ一つ、摩擦のない振り子があって、これを不老不死の仙人が見ている、そして根気よく振動を数えているとすればどうであろう。この仙人にとっては「時」の観念に相当するものはただ一つの輪のようなものであって、振動を数える数は一でも二でも一万でもことごとく異語同義（シノニム）に過ぎまい。よしやそれほど簡単な場合でなくとも、有限な個体の間に有限な関係があるだけの宇宙ならば、万象はいつかは昔時の状態そのままに復帰して、少なくも吾人のいわゆる物理的世界が若返る事は可能である。このような世界の「時」では、未来の果ては過去につながって

しまうかもしれぬ。

吾人の宇宙を不可逆と感じる事は、「時」を不可逆と感ずる事である。全エントロピーは時と共に増すとも減ずる事はないというのが事実であるとすれば、逆にエントロピーをもって「時」を代表させる事はできないであろうか。普通の「時」とエントロピーとの歩調がいかに一様でないとしても、そこに一つの新しい「時」の観念が成立しうるのではあるまいか。

エントロピーの概念自身には「時」が含まれなくてもよい。これが時と関連して来るのは自然の経験の結果である。われわれの普通日常用いる時計の針の回る

角度がたまたま時の代用となるのもやはり自然の経験にほかならぬ。少なくともこの点においては時計の「時」とエントロピーの「時」とは対等のものである。

今もしここに宇宙のエントロピーの量を指示する時計があると想像する。この時計の示す時刻は何を示すかといえば、それは宇宙の老衰の程度を示すものである。エネルギーの全量は不変でも、それはこの時計の進むにつれて墜落し廃頽（はいたい）して行く。この時計ほど適切に不可逆な時の進みを示すものはないのであろう。しかし実際このような時計があったとしても、それが吾人の日常普通の目的に適当したものではないかもしれ

ぬ。第一に種々の個体の集団からできた一つの系を考える時、その個体各個のエントロピーの時計の歩調は必ずしも系全体のものの歩調と一致しない。従って個体相互の間で「同時」という事がよほど複雑な非常識的なものになってしまう。しかしそこにまたこの時計の妙味もあるのである。譬喩（ひゆ）を引けば浦島太郎が竜宮の一年はこの世界の十年に当たるというような空想や、五十年の人生を刹那（せつな）に縮めて嘗（な）め尽くすというような言葉の意味を、つまり「このエントロピーの時計で測った時の経過と普通の時計と比べて一年と十年また五十年と一瞬とに当たる」と説明すればよいかもしれぬ。

これはただ通俗的な譬喩に過ぎないが、とにかく心理的に感ずる時の長短が人間自身ならびに周囲の物質的エントロピーの増加の多少と、いくぶんか相応じるように見えるのは興味のある事である。冬眠の状態にある蛙（かえる）が半年の間に増大させるエントロピーの量は、覚醒期間のそれに比べて著しく少ないに相違ない。

次にエントロピーは一つの系全体にわたる積分として与えらるる性質のものであって、それが指定されても系を組織する各個体の現状は指定されない。これはこの時計の不便な点であって同時にすぐれた点である。ガス体の分子やエレクトロンの集団あるいは光束の集

合場において各個部分の状態を論ぜんとしても普通の「時」を使う力学は役に立たなくなる場合がある。そういう場合にこのエントロピーのありがたみが始めて明白になって来るのである。

　かように、エントロピーの役に立つ場合には、必ずそこにいわゆる「分子的に混乱した（molekular ungeordnet）系」がある。分子やエレクトロンの数が有限である間はエントロピーは問題にならず、変化は単義的で可逆であるが、これが無限になって力学が無能となる時に、始めてエントロピーが出て来る。ボルツマンがこのような混乱系の内部の排置の公算（プロバビリティ）を

エントロピーと結びつけたのは非常な卓見で物理学史上の大偉業であった。プランクはさらにこれを無限な光束の集団に拡張して有名な輻射（ふくしゃ）の方則を得たのは第二の進歩であった。すなわち系の複雑さが完全に複雑になれば統計という事が成り立ち、公算というものが数量的に確定したものになる。そして系の変化はその状態の公算の大なるほうへ大なるほうへと進むという事が、すなわちエントロピーの増大という事と同義になるのである。

「時」の不可逆という事にもまた分子的混乱系の存在が随伴している。前にあげたような、仙人と振り子と

だけの簡単な世界では、可逆な「時」が可能であるが、吾人の宇宙はある意味で分子的混乱系である。ある学者の考えているように森羅万象をことごとく有限な方程式に盛って、あらゆる抽象前提なしに現象を確実に予言することは不可能であって、そのゆえにこそ公算論の成立する余地が存している。そのために吾人の「時」には不可逆の観念が伴なって来る。そのために未来と過去の差別が生じるのではあるまいか。未来に関して吾人の言いうる事は系の公算の増すという事だけではあるまいか。未来は「であろう」ですなわちプロバビリティのみである。この宇宙系のプロバビリ

ティの流れはすなわちエントロピーの流れで、すなわち吾人の直感する不可逆な時の流れではあるまいか。

エントロピーに随伴して来る観念は「温度」である。たとえば簡単な完全ガス体の系では容積を保定しておけば、エネルギーの増す時にそのエントロピーの増加は「温度」に反比する。前のような通俗的のたとえを引けば、人間のエントロピーの増大と「精神的の時」の進みが伴なうと仮定すれば、また一定の物理的エネルギーを与えられた時にその人の「時」の進み方はその人の感覚の鋭鈍によるものと仮定すれば、この場合の「温度」に相当するものは、すなわちその鋭鈍を計

る尺度の読み取りに当たるものである。もっともこれはただ譬喩に過ぎない。物理学上の言葉の濫用かもしれぬ。しかしまじめな物理学上の事がらでエントロピーや温度の考えを拡張して行く余地は充分にあるように思われる。すなわちどこでも molekular ungeordnet［＃「ungeordnet」は底本では「ungecrdnet」］の状態が入り込んで来る所には、これらの観念の幅をきかす余地がある。たとえば液体の運動でもいわゆる混乱運動（turbulent motion）を論ずる時にはオスボルン・レーノルズが行なったような特殊な取り扱いが必要になって来る。ここにも、エントロピーや温度

の観念の拡張さるべき余地があるのではあるまいか。これに類した問題は液体の交流に関するものである。

現今物理学の研究問題は、分子、原子、エレクトロン、エネルギー素量となって、至るところに混乱系が跳梁（ちょうりょう）している。プロバビリティの問題、エントロピーの時計の用途は存外に広いという事を思い出すに格好な時機ではあるまいか。

時。エントロピー。プロバビリティ。この三つは三つ巴（どもえ）のようにつながった謎の三位一体である。この謎の解かれる未来は予期し難いが、これを解かんと努めるのもあながちむだな事ではあるまい。

底本：「日本の名随筆91　時」三木卓編、作品社
１９９０（平成２）年5月25日第1刷発行
※また、底本の誤記等を確認するにあたり、「寺田寅彦全集」（岩波書店）を参照しました。
入力：富田倫生
校正：かとうかおり
２０００年10月３日公開
２００３年10月30日修正
青空文庫作成ファイル：
このファイルは、インターネットの図書館、青空文庫（http://www.aozora.gr.jp/）で作られました。入力、

校正、制作にあたったのは、ボランティアの皆さんです。